

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/015791

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H04B1/707

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04J13/00-13/06, H04B1/69-1/713

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Naoki SUEHIRO et al., "Jikan Kakusan Shingojo Deno Multi Path Tokusei Gyoretsu o Mochiita Kokoritsu Musen Riyo Hoshiki no Simulation", The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Gijutsu Kenkyu Hokoku, Vol.101, No.128 SAT2001-24, 22 June, 2001 (22.06.01)	1-12
A	Naoki SUEHIRO et al., "Soho ZCZ Keiretsu Set", The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Gijutsu Kenkyu Hokoku, Vol.101, No.128 SAT2001-23, 22 June, 2001 (22.06.01)	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 December, 2004 (20.12.04)

Date of mailing of the international search report
11 January, 2005 (11.01.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/015791

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-8547 A (ETRI: Electronics and Telecommunications Research Institute), 10 January, 2003 (10.01.03), Claims 1 to 6 & US 2003/0016733 A1 & KR 2002094341 A & KR 384894 B	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04B1/707

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04J13/00-13/06, H04B1/69-1/713

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	末広 直樹 外3名, 時間拡散信号上でのマルチパス特性行列を用いた高効率無線利用方式のシミュレーション, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 101 No. 128 SAT2001-24, 2001. 06. 22	1-12
A	末広 直樹 外2名, 相補ZCZ系列セット, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 101 No. 128 SAT2001-23, 2001. 06. 22	1-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20. 12. 2004

国際調査報告の発送日

11. 1. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

角田 慎治

5 K

3 2 5 1

電話番号 03-3581-1101 内線 3555

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-8547 A (韓国電子通信研究院) 2003. 01. 10, 請求項1-6 & US 2003/0016733 A1 & KR 2002094341 A & KR 384894 B	1-12

明 細 書

通信方法、送信信号形成方法、及び送信信号のデータ構造

技術分野

- [0001] 本発明は、送信信号の形成方法、その送信信号を用いた通信方法、及び送信信号のデータ構造に関し、特に、移動体通信等のマルチパス環境に好適である。

背景技術

- [0002] セルラー無線通信や種々のモバイル環境下において、データ通信の需要の増加に伴い、無線周波数資源の利用率を高める技術が求められている。複数のユーザーを区別し無線周波数資源の利用率を高める方式として例えばCDMA方式が知られている。このCDMA方式による通信方式では、拡散系列の相関特性や伝送経路のマルチパス特性によるチャネル間干渉が周波数利用率を制限する要因となっている。
- [0003] 直交周波数分割多重(OFDM)を用いた方式は、正弦波を用いた周波数多重であるため、マルチパスの影響は信号電力のフェーディングとして現れ、送信の正弦信号とマルチパスの正弦信号とを分離することが難しいという問題がある。
- [0004] 元の送信信号とマルチパスによる信号とを分離する拡散符号系列として、例えば、完全相補系列を用いた通信方式が提案されている。完全相補系列は、各系列の自己相関関数の和が、0シフト以外の全てのシフトで0となる自己相関特性と、各系列の相互相関関数の和が、全てのシフトにおいて常に0になる相互相関特性を備える系列である。完全相補系列を用いて、サイドローブやチャネル間干渉がないZCZ(周期的無相関領域)信号を形成し、送信信号の周期スペクトラムが無相関となるようにしている。これにより、パイロット信号と送信信号に同周波数及び同時間を割り当てることができる。
- [0005] 出願人は、スペクトラム拡散による送信データ変調において、同時送信するマルチパス特性測定用信号、及び複数のデータ伝送用信号の全てが互いに干渉しないように信号設計することを特許文献1に提案している。
- [0006] 図16は、従来提案する信号設計方法の一例であり、行ベクトル同士及び列ベクトル

ル同士が互いに直交性を有する正方直交行列を用いて、マルチパス特性測定用信号 A_n と複数のデータ伝送用信号 B_n , C_n , D_n を拡散変調し、例えば、マルチパス特性測定用信号 A_n については、 (A_n, A_n, A_n, A_n) の信号列を形成し、データ伝送用信号 B_n , C_n , D_n については、それぞれ $(B_n, -B_n, B_n, -B_n)$ 、 $(C_n, C_n, -C_n, -C_n)$ 、 $(D_n, -D_n, -D_n, D_n)$ の各信号列を形成し、マルチパス特性測定用信号と複数のデータ伝送用信号の全てが互いに干渉しないようにしている。なお、ここでは、正方直交行列として4行4列の場合を示している。

特許文献1:特願2002-255405

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0007] 上記したように、マルチパス特性測定用信号と複数のデータ伝送用信号の全てが互いに干渉しないようにする信号設計では、多数のデータ伝送用信号を送信しようとしたとき、大きな行列が必要となる。そのため、受信側ではデータ受信に要する処理装置の規模が大きくなり、処理時間が長くなるという問題があり、また、送信側ではデータ送信に要する待ち時間が長くなるという問題がある。
- [0008] 図17において、マルチパス特性測定用信号 A_n と多数のデータ伝送用信号 $B_n \sim Z_n$ の全 P 個の信号を送信する場合、信号数 P に応じて P 行 P 列の正方直交行列を用いる必要がある。この正方直交行列により形成される信号列の時間軸方向の信号の長さは、列数 P に応じて長くなる。したがって、送信する信号数が多ければ多いほど、送信に要する待ち時間及び受信信号に要する時間は長くなる。また、受信信号から所定の信号を抽出する整合フィルタの規模も、列数 P に応じて大きくなる。
- [0009] そこで、本発明は前記した従来の問題点を解決し、スペクトラム拡散による送信データの拡散変調により、マルチパス特性測定用信号と複数のデータ伝送用信号の同時伝送において、多数のデータ伝送用信号の伝送に要する送信待ち時間及び受信信号時間を短縮し、受信処理装置の規模を小型化することを目的とする。
- [0010] また、所定の送信待ち時間及び受信信号時間に対して、伝送するデータ伝送用信号の伝送数を増加させることを目的とする。
- [0011] また、所定の送信待ち時間及び受信信号時間に対して、伝送するデータ伝送用信

号の最大の伝送数を求めることを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0012] 同一周波数及び同一時間において、送信信号とマルチパス信号とを分離するには、マルチパス特性測定用信号を干渉による影響を受けることなく受信することが重要となる。
- [0013] 従来提案する信号設計では、マルチパス特性測定用信号と複数のデータ伝送用信号において、これらの信号の全てが互いに干渉しないようにする信号設計することにより、マルチパス特性測定用信号に対する信号干渉を防いでいる。そのため、多数のデータ伝送用信号を送信しようとしたとき、全送信信号数に応じた大きな行列が必要となる。
- [0014] これに対して、本発明では各データ伝送用信号間の干渉は許容し、少なくともマルチパス特性測定用信号に対して複数のデータ伝送用信号が干渉しないように信号を設計し、マルチパス特性測定用信号をデータ伝送用信号から分離可能とする。なお、データ伝送用信号同士は、誤り符号訂正等により修復することができる。
- [0015] これにより、信号設計に要する行列の規模を実質的に小さくし、これにより、多数のデータ伝送用信号の伝送に要する送信待ち時間及び受信信号時間を短縮し、受信処理装置の規模を小型化する。これは、逆にいえば、所定の送信待ち時間及び受信信号時間に対して、伝送するデータ伝送用信号の伝送数を増加させる。
- [0016] また、マルチパス特性測定用信号を用いて伝送系のマルチパス特性を測定し、測定したマルチパス特性に基づいて、伝送システムが備える送信待ち時間及び受信信号時間の伝送能力の範囲において、伝送するデータ伝送用信号の最大の伝送数を求める。
- [0017] 本発明は、通信方法、送信信号形成方法、及び送信信号のデータ構造の各態様とすることができる。
- [0018] 本発明の通信方法は、マルチパス特性測定用信号と複数のデータ伝送用信号を送信する通信方法において、マルチパス特性測定用信号とデータ伝送用信号を、列方向又は行方向で共通する係数列を少なくとも一つ含み、行列内で互いに直交する複数の係数行列により形成される信号列とし、各係数行列で形成されるマルチパス

特性測定用信号を前述した共通する一つの係数列により形成される同一の信号列とする。

[0019] これにより、マルチパス特性測定用信号とデータ伝送用信号とは無相関となり、全てのデータ伝送用信号に対して無相関となる一つのマルチパス特性測定用信号が送信され、複数のデータ伝送用信号は少なくともマルチパス特性測定用信号に対して干渉しない信号設計が行われる。

[0020] 送信するマルチパス特性測定用信号と複数のデータ伝送用信号とを無相関とする形態として、マルチパス特性測定用信号に対して一つの行ベクトル又は列ベクトルの係数列を用いてマルチパス特性測定用信号列を形成し、複数のデータ伝送用信号に対してマルチパス特性測定用信号列の形成に用いた行ベクトルと直交性を有する行ベクトルの係数列、あるいはマルチパス特性測定用信号列の形成に用いた列ベクトルと直交性を有する列ベクトルの係数列を用いてデータ伝送用信号列を形成する。

[0021] このマルチパス特性測定用信号列及びデータ伝送用信号列の形成は、共通の行ベクトル又は列ベクトルを備える複数の直交正方行列から、この共通の行ベクトル又は列ベクトルと、この行ベクトル又は列ベクトルと直交する任意の個数の行ベクトル又は列ベクトルを選択して任意の長さの行列を形成する。形成した行列において、前記共通の行ベクトル又は列ベクトルの各係数列にマルチパス特性測定用信号を乗じてマルチパス特性測定用信号列を形成し、行列中の他の行ベクトル又は列ベクトルの各係数列に複数のデータ伝送用信号のそれぞれを乗じてデータ伝送用信号列を形成し、形成したマルチパス特性測定用信号列及びデータ伝送用信号列を送信信号とする。直交性正方行列として、アダマール行列又はユニタリ行列を用いることができる。

[0022] 行ベクトル又は列ベクトルの各係数列にマルチパス特性測定用信号及びデータ伝送用信号を乗じてマルチパス特性測定用信号列及びデータ伝送用信号列を形成する際、係数列を乗じた各信号間に所定長の0データを付加し、マルチパス特性測定用信号列中のマルチパス特性測定用信号間の間隔、及びデータ伝送用信号列中のデータ伝送用信号間の間隔を定める。

- [0023] 受信したマルチパス特性測定用信号を送信側にフィードバックして、マルチパス特性に応じた送信信号を設計することができる。
- [0024] フィードバックによる送信送信の設計の第1の形態は、受信したマルチパス特性測定用信号に基づいて、データ伝送用信号列の形成に用いる行ベクトル又は列ベクトルの個数を設定する。例えば、伝送経路中のマルチパス特性が良好である場合には、データ伝送用信号列の形成に用いる行ベクトル又は列ベクトルの個数を増やし、送信するデータ伝送用信号の個数を増加させることができる。逆に、伝送経路中のマルチパス特性が不良である場合には、データ伝送用信号列の形成に用いる行ベクトル又は列ベクトルの個数を減らし、送信するデータ伝送用信号の個数を減少させる。
- [0025] フィードバックによる送信送信の設計の第2の形態は、受信したマルチパス特性測定用信号に基づいて、信号列中の信号間の間隔を設定する。送信側において、マルチパス特性測定用信号及びデータ伝送用信号を行ベクトル又は列ベクトルの係数列に対応させて配列してマルチパス特性測定用信号列及びデータ伝送用信号列を形成する際、各マルチパス特性測定用信号間の間隔又はデータ伝送用信号間の間隔をフィードバックしたマルチパス特性測定用信号に基づいて変更する。
- [0026] 例えば、伝送経路中のマルチパス特性が良好である場合には各信号間の間隔を短く設定し、不良である場合には各信号間の間隔を長く設定する。信号間の間隔を短く設定することにより信号列の長さを短くし、送信待ち時間や受信処理時間を短縮することができる。
- [0027] また、任意のユーザは、送信データ列の形成に用いた係数列に対応する整合フィルタを任意に備え、整合フィルタを通して任意のデータ伝送用信号を受信することができ、一ユーザが全データ伝送用信号のチャンネルを使用する形態とすることも、あるいは複数のユーザにより分割してチャンネルを使用する形態とすることもできる。

発明の効果

- [0028] 以上説明したように、本発明によれば、スペクトラム拡散による送信データの拡散変調により、マルチパス特性測定用信号と複数のデータ伝送用信号の同時伝送において、多数のデータ伝送用信号の伝送に要する送信待ち時間及び受信信号時間を短縮し、受信処理装置の規模を小型化することができる。

[0029] また、所定の送信待ち時間及び受信信号時間に対して、伝送するデータ伝送用信号の伝送数を増加させることができる。

[0030] また、所定の送信待ち時間及び受信信号時間に対して、伝送するデータ伝送用信号の最大の伝送数を求めることができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]本発明において、マルチパス特性測定用信号とデータ伝送用信号を説明するための図である。

[図2]本発明による信号設計を説明するための図である。

[図3]本発明の送信信号を形成するために用いる複数の行列を説明するための図である。

[図4]本発明において形成された送信信号列を説明するための図である。

[図5]本発明において形成されたデータ伝送用信号列により送信される送信信号を説明するための図である。

[図6]本発明において使用する行列の構成例を説明する図である。

[図7]本発明で用いる行列構成のユーザへの適用を説明するための図である。

[図8]本発明において入出力信号と整合フィルタとの関係を示す図である。

[図9]信号を整合フィルタに通したときのデータ列の状態を説明するための図である。

[図10]本発明のマルチパス特性の検出を説明するための図である。

[図11]送信信号の通信状態を説明するための図である。

[図12]整合フィルタの一構成例を示す図である。

[図13]データ伝送用信号の拡散変調に用いる行列(行ベクトル)の個数の調整を説明するための図である。

[図14]ZCZ系列に遅延を適用して形成される信号系列の信号長 $L1$ 及び遅延 $L2$ と、整合フィルタの出力信号の信号波形との関係を示す図である。

[図15]次の信号との間の時間間隔 T と信号系列 A_n 間の時間間隔 T の関係を説明するための図である。

[図16]従来提案する信号設計方法の一例を説明するための図である。

[図17]拡散変調に用いる行列の大きさと受信信号列との関係を説明するための図で

ある。

符号の説明

[0032] A, B, C, D, …Z…信号

S…送信信号列

Q, X, Y…行列

発明を実施するための最良の形態

[0033] 以下、本発明の実施の形態について、図を参照しながら詳細に説明する。

[0034] 図1は、本発明において、マルチパス特性測定用信号とデータ伝送用信号を説明するための図である。マルチパス特性測定用信号は、伝送経路のマルチパス特性を測定するために送信側から受信側に向けて送信される信号系列であり、ZCZ系列で形成される。

[0035] ZCZ系列は、ゼロ自己相関領域特性とゼロ相互相関領域特性を備える周期的ゼロ相関領域を持つ系列であり、例えば、所定の係数列として完全相補系列を用いることができる。完全相補系列は、各系列の自己相関関数の和が、0シフト以外の全てのシフトで0となる自己相関特性と、各系列の相互相関関数の和が、全てのシフトにおいて常に0になる相互相関特性を備える系列である。

[0036] 例えば、図1では、マルチパス特性測定用信号 $A_n = a_0 \ a_1 \ a_2 \ \dots \ a_{n-1}$ は、例えば、ユニタリ行列等から得た長さがL1の「+++…+」, 「+-++…+」, …の信号列を用い、 a_0 として「+++…+」を選択し、 a_1 として「+-++…+」を選択し、各信号列 a の間に長さがL2の「000…0」を挟んで、それぞれが長さL1+L2で時間幅Tの信号列を形成し、これらを繋げることにより形成することができる。

[0037] また、データ長が任意のnビットの $B_n = b_0 \ b_1 \ b_2 \ \dots \ b_{n-1}$ 、 $C_n = c_0 \ c_1 \ c_2 \ \dots \ c_{n-1}$ 、 $D_n = d_0 \ d_1 \ d_2 \ \dots \ d_{n-1}$ 、 $E_n = e_0 \ e_1 \ e_2 \ \dots \ e_{n-1}$ 、…をデータ伝送用信号とする場合についても同様に形成することができる。

[0038] 本発明は、これらのマルチパス特性測定用信号 A_n とデータ伝送用信号 B_n , C_n , D_n , E_n , …を同時に送信する通信方法であり、一つのマルチパス特性測定用信号 A_n に対して全てのデータ伝送用信号 B_n , C_n , D_n , E_n , …を無相関とし、複数のデータ伝送用信号 B_n , C_n , D_n , E_n , …は少なくともマルチパス特性測定用信号 A_n に対し

て干渉しないように信号設計する。

[0039] 図2は、本発明による信号設計を説明するための図である。

[0040] 本発明は、一つのマルチパス特性測定用信号 A_n に対して全てのデータ伝送用信号 $B_n, C_n, D_n, E_n, \dots$ を無相関とするために、共通の行ベクトル又は列ベクトルを備える複数の直交正方行列を用いる。複数の直交正方行列から、各直交正方行列が共通に備える行ベクトル又は列ベクトルと、この行ベクトル又は列ベクトルと直交する任意の個数の行ベクトル又は列ベクトルを選択して任意の長さの行列を形成する。

[0041] 図2において、複数の行列 Q_1, Q_2, \dots, Q_m は q 行 q 列の直交正方行列であり、各行列 Q_1, Q_2, \dots, Q_m は共通する行ベクトル又は列ベクトルを備える。なお、図2では共通ベクトルとして行ベクトル R (斜線部分) の場合を示している。なお、図2において、他のベクトルの要素 (例えば「+」あるいは「-」) は図中の○印で示している。各行列 Q_1, Q_2, \dots, Q_m において、行ベクトル R は他の行ベクトルと直交しているが、各行列 Q_1, Q_2, \dots, Q_m 間における行ベクトル間の直交性は保証されていない。

[0042] つまり、行列 Q_1 の行ベクトル R は行列 Q_1 内の他の行ベクトルとは直交し、また、行列 Q_2 の行ベクトル R は行列 Q_2 内の他の行ベクトルとは直交するといったように、各行列 Q 内における行ベクトル R はその行列 Q 内の他の行ベクトルとは直交する。しかしながら、行列 Q_1 の行ベクトル R は別の行列 $Q_2 \sim Q_m$ 内の行ベクトルと直交するとは限らず、また、行列 Q_2 の行ベクトル R についても別の行列 $Q_1, Q_3 \sim Q_m$ 内の行ベクトルと直交するとは限らないといったように、ある行列 Q の行ベクトル R は別の行列の行ベクトルと直交するとは限らない。

[0043] 直交正方行列は、例えばアダマール行列とすることができる。 n 次正方行列 H がアダマール行列であるとき、その要素は「+」及び「-」のみからなり、 $H^T \cdot H = nI_n$ を満たし、アダマール行列が存在するのは n が1, 2であるか、あるいは4の倍数である。

[0044] マルチパス特性測定用信号 A_n と複数のデータ伝送用信号 B_n, C_n, \dots, Z_n の p 個の信号に対して、複数の行列 Q_1, Q_2, \dots, Q_m から共通する行ベクトル R と他の行ベクトルを選択して行列を形成する。複数の行列 Q_1, Q_2, \dots, Q_m から選択する他の行ベクトルの個数は、少なくともデータ伝送用信号 B_n, C_n, \dots, Z_n の個数($p-1$)と同数である。

- [0045] マルチパス特性測定用信号 A_n に対して、共通する行ベクトル R を適用してマルチパス特性測定用信号列 SA を形成する。マルチパス特性測定用信号列 SA の形成は、マルチパス特性測定用信号 A_n と行ベクトル R とのクロネッカ積により求めることができる。形成されるマルチパス特性測定用信号列 SA に含まれるマルチパス特性測定用信号 A_n の個数は行列の列の個数(q 個)となる。一つの直交正方行列を用いる場合には、送信する信号数 p 個以上の行ベクトル及び列ベクトルを要するため、形成されるマルチパス特性測定用信号列に含まれるマルチパス特性測定用信号 A_n の個数は少なくとも p 個となる。
- [0046] また、同様に、データ伝送用信号 B_n, C_n, \dots, Z_n に対して、共通する行ベクトル R と直交する複数の行ベクトルを適用してデータ伝送用信号列 SB, SC, \dots, SZ を形成する。データ伝送用信号列 SB, SC, \dots, SZ の形成は、データ伝送用信号 B_n, C_n, \dots, Z_n と各行ベクトルとのクロネッカ積により求めることができる。形成されるデータ伝送用信号列 SB, SC, \dots, SZ に含まれるデータ伝送用信号 B_n, C_n, \dots, Z_n の個数は行列の列の個数(q 個)となる。一つの直交正方行列を用いる場合には、図17で示したように、送信する信号数 p 個以上の行ベクトル及び列ベクトルを要するため、形成されるデータ伝送用信号列に含まれるデータ伝送用信号の個数は少なくとも p 個となるが、本発明によれば、この個数を減少させることができる。
- [0047] したがって、本発明によれば、形成されるマルチパス特性測定用信号列及び複数のデータ伝送用信号列の列数を短くすることができ、送信の待ち時間や受信の処理時間を短縮し、受信側の装置を簡略化することができる。
- [0048] 図3は、送信信号を形成するために用いる複数の行列を説明するための図である。
- [0049] 各直交正方行列の大きさを q 行 q 列としたとき、用意する直交正方行列の個数は、送信するデータ伝送用信号の個数 p を直交正方行列の大きさを q で除して得られる商の値に応じて定まり、割り切れた場合にはその商の個数とし、割り切れない場合にはその商に1を加えた個数とする。
- [0050] 用意した複数の直交正方行列は共通の行ベクトルを備え、この行ベクトルを用いてマルチパス特性測定用信号を拡散変調してマルチパス特性測定用信号列を形成し、他の行ベクトルを用いてデータ伝送用信号を拡散変調してデータ伝送用信号列を

成される。データ伝送用信号 $C_n \sim O_n$ も同様である。

[0057] なお、「 $A_n, 0, \dots, 0$ 」, 「 $B_n, 0, \dots, 0$ 」, \dots は時間間隔は T であり、各 A_n, B_n に続けて0信号を付加して形成される。なお、図4中の「 \sim 」の記号は「 $0, \dots, 0$ 」を表している。

[0058] ここでは、一例として8行8列の次数8の行列を示しているが、行列がアダマール行列であるとき行列の次数 n は4の倍数とする。なお、アダマール行列は n が1及び2についても存在するが、1次の行列及び2次の行列では複数のデータ伝送用信号に適用することができない。

[0059] 図5は、形成されたデータ伝送用信号列により送信される送信信号を説明するための図である。マルチパス特性測定用信号 A_n 及びデータ伝送用信号 $B_n \sim O_n$ を、それぞれ $A_n = a_0 \ a_1 \ \dots \ a_{n-1}$ 、 $B_n = b_0 \ b_1 \ \dots \ b_{n-1}$ 、 \dots 、 $O_n = o_0 \ o_1 \ \dots \ o_{n-1}$ とすると、各時間スロットで送信される送信は、それぞれの信号の和となる。例えば、時間スロット t_0 では $a_0 + b_0 + \dots + o_0$ の各信号の和となり、時間スロット t_1 は $a_1 + b_1 + \dots + o_1$ の各信号の和となり、以下同様に、時間スロット t_{n-1} では $a_{n-1} + b_{n-1} + \dots + o_{n-1}$ の各信号の和となる。なお、各信号間に配置した0信号により、時間スロット $t_n \sim t_{T-1}$ では0の信号となる。

[0060] 上記のように、マルチパス特性測定用信号 A_n 及びデータ伝送用信号 $B_n \sim O_n$ は、時間スロット $t_0 \sim t_{T-1}$ の間の時間間隔 T を単位として信号の加算が行われる。次の時間間隔 T では、行列の次の列に設定される係数を乗じて得られた信号の加算が行われる。

[0061] 次に、図6を用いて使用する行列の構成例を説明する。信号の拡散変調に用いる複数の行列は、図6(a), (b)に示すように、 n 行 n 列の行列を複数個用いる構成とすることができる。なお、図6(b)に示す構成例では、分数を含む複数の行列を用いる構成であり、送信するデータ伝送用信号の個数に応じて、一行列中の行ベクトルの個数を増減する。

[0062] また、図6(c)に示すように、図6(a), (b)の行列から共通する行ベクトル、及びその他の行ベクトルを選択して、 k 行 n 列の行列を形成する構成とすることもできる。

[0063] いずれの行列構成においても、データ伝送用信号との間で行うクロネッカ積の演算

は同様となる。

[0064] また、本発明で用いる行列構成は、複数ユーザに適用することも、一ユーザに適用することもできる。図7は、本発明で用いる行列構成のユーザへの適用を説明するための図である。

[0065] 図7(a)は、共通の行ベクトルを備える2つの行列X1及びX2を、それぞれユーザU1とユーザU2に適用した場合を示している。ユーザU1は、マルチパス特性測定用信号 A_x 及びデータ伝送用信号 $B_x \sim H_x$ を、行列X1を用いて拡散変調する。また、ユーザU2は、マルチパス特性測定用信号 A_x 及びデータ伝送用信号 $I_x \sim O_x$ を、行列X2を用いて拡散変調する。

[0066] 拡散変調で得られたデータ伝送用信号列は伝送系を介して受信され整合フィルタによるデータ伝送用信号の抽出が行われる。

[0067] ユーザU1は行列X1に対応する整合フィルタを備え、行列X1で拡散変調したデータ伝送用信号を復調して、マルチパス特性測定用信号 A_x 及びデータ伝送用信号 $B_x \sim H_x$ を抽出する。一方、ユーザU2は行列X2に対応する整合フィルタを備え、行列X2で拡散変調したデータ伝送用信号を復調して、マルチパス特性測定用信号 A_x 及びデータ伝送用信号 $I_x \sim O_x$ を抽出する。

[0068] この伝送系において、何れのユーザにおいても、マルチパス特性測定用信号 A_x はデータ伝送用信号 $B_x \sim H_x$ 、及びデータ伝送用信号 $I_x \sim O_x$ と干渉しないため、マルチパス特性の影響を受ける構成と無く分離して抽出することができる。

[0069] 図7(b)は、一つの行ベクトルと、この行ベクトルに対して直交性を有する複数の行ベクトルからなる行列X3を、一つのユーザU3に適用した場合を示している。ユーザU3は、マルチパス特性測定用信号 A_x 及びデータ伝送用信号 $B_x \sim O_x$ を、行列X3を用いて拡散変調する。

[0070] 拡散変調で得られたデータ伝送用信号列は伝送系を介して受信され整合フィルタによるデータ伝送用信号の抽出が行われる。

[0071] ユーザU3は行列X3に対応する整合フィルタを備え、行列X3で拡散変調したデータ伝送用信号を復調して、マルチパス特性測定用信号 A_x 及びデータ伝送用信号 $B_x \sim O_x$ を抽出する。

- [0072] この伝送系において、マルチパス特性測定用信号 A_x はデータ伝送用信号 B_x と O_x と干渉しないため、マルチパス特性の影響を受ける構成と無く分離して抽出することができる。
- [0073] 次に、形成した送信信号を用いた本発明の通信方法について説明する。
- [0074] 形成した送信信号は、その送信信号の形成に用いた拡散系列の各係数に対応した整合フィルタ(マッチドフィルタ)により取り出すことができる。例えば、整合フィルタは、送信データAを逆拡散して取り出すフィルタであり、送信データAの形成に用いた拡散系列の係数に対応して形成される。
- [0075] 入出力信号と整合フィルタとの関係は、拡散系列が備える完全相補性に基づいて定まる。図8は入出力信号と整合フィルタとの関係を示す図である。
- [0076] 例えば、図8(a)において、信号Aを信号Aの整合フィルタに通した場合には、自己相関特性からインパルス状の信号を得ることができるが、信号Aを信号Aの整合フィルタ以外の整合フィルタ(信号Bの整合フィルタ、信号Dの整合フィルタ)に通した場合には、相互相関特性から信号は得られない。
- [0077] また、図8(b)において、信号Bを信号Bの整合フィルタに通した場合には、自己相関特性からインパルス状の信号を得ることができるが、信号Bを信号Bの整合フィルタ以外の整合フィルタ(信号Aの整合フィルタ、信号Cの整合フィルタ、信号Dの整合フィルタ)に通した場合には、相互相関特性から信号は得られない。
- [0078] 次に、マルチパス特性の検出、及び受信信号からのマルチパス特性の除去について説明する。図9は、マルチパス特性測定用信号とデータ伝送用信号との関係を説明するための図である。
- [0079] 図9において、例えば、信号Aをマルチパス特性測定用信号とし、マルチパス伝送路Pを通過させた後、信号Aの整合フィルタAを通して出力信号pを求めると、この出力信号pからマルチパス伝送路のマルチパス特性Pを求めることができる。
- [0080] 信号B〜信号Dをデータ伝送用信号としたとき、マルチパス特性測定用信号と同じマルチパス伝送路Pを同時に通過した場合には、マルチパス伝送路Pから同じマルチパス特性の影響を受けることになる。そのため、各整合フィルタB, C, Dを通して得られる出力信号q, r, s中には同一のマルチパス特性が含まれる。そこで、マルチパ

ス特性測定用信号により求めたマルチパス特性Pを用いて、出力信号q, r, sからマルチパス特性Pを除去することにより、データ伝送用信号B, データ伝送用信号C, 及びデータ伝送用信号Dを求めることができる。

[0081] ここで、マルチパス特性Pを $P = (p_0, p_1, p_2, p_3)$ とする。なお、 p_k はタイムスロット0, 1, 2, 3の各遅延時間におけるマルチパスファクターである。このマルチパス特性Pは、例えば、マルチパス伝送路を通過したマルチパス特性測定用信号をマルチパス特性測定用信号の整合フィルタで検出することにより求めることができる。

[0082] 前記したように、送信データに直交正方形の行ベクトルの一係数列に遅延時間Tを適用して送信信号Aを形成し、この送信信号Aをマルチパス伝送路Pを通過させた後、信号Aの整合フィルタで検出して受信信号A'を受信する。図10はマルチパス特性測定用信号によるマルチパス特性の検出を説明するための図である。

[0083] A' は、図10に示すように、各遅延時間毎の出力信号を加算して求めることができ、以下の式で表すことができる。

[0084] $A' = 4(x, x, \dots, x, x, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, p_0, p_1, p_2, p_3, 0, 0, 0, 0, 0, x, x, \dots, x, x)$

なお、xはある値を表している。

[0085] したがって、受信信号A' はマルチパス特性 $P = (p_0, p_1, p_2, p_3)$ を分離可能な状態で含んでいる。

[0086] 一方、同じマルチパス伝送路を通過した送信信号は、以下のように表すことができる。なお、図11は送信信号の通信状態を説明するための図である。

[0087] データ伝送用信号を $(b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5)$ とし、マルチパス特性測定用信号の形成に使用した行ベクトルの係数列とは異なる行ベクトルの係数列を用いて、送信信号を形成する。

[0088] 送信信号は、データ伝送用信号と行ベクトルの係数列を用いて、
 $(b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, 0, 0, 0, -b_0, -b_1, -b_2, -b_3, -b_4, -b_5, 0, 0, 0, b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, 0, 0, 0, -b_0, -b_1, -b_2, -b_3, -b_4, -b_5, 0, 0, 0)$
 により表される。

[0089] ここで、マルチパス伝送路Pを通過した信号をB' とすると、信号Bの整合フィルタ

で検出される受信信号は、信号 B' と整合フィルタ B とのコンボリューションにより求めることができ、

$$\begin{aligned} B' * B_f &= 4p_0(\cdots, x, 0, 0, 0, b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, 0, 0, 0, x, x, x, x\cdots) \\ &+ 4p_1(\cdots, x, x, 0, 0, 0, b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, 0, 0, 0, x, x, x\cdots) \\ &+ 4p_2(\cdots, x, x, x, 0, 0, 0, b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, 0, 0, 0, x, x, \cdots) \\ &+ 4p_3(\cdots, x, x, x, x, 0, 0, 0, b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, 0, 0, 0, x, \cdots) \\ &= (\cdots, x, x, x, x, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8, x, x, x, x, \cdots) \end{aligned}$$

で表される。なお、 B_f は整合フィルタ B に対応している。

[0090] ここで、 $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8$ は、整合フィルタの出力として直接求めることができる。

[0091] 図11(a)は、送信信号、マルチパス伝送路のマルチパス特性 P 、 B の整合フィルタの出力との関係を概略的に示しており、これらの間の関係は図11(a)に示される関係式で表すことができる。

[0092] 図11(a)に示される関係式において、マルチパス特性を表す(p_0, p_1, p_2, p_3)はマルチパス特性測定用信号を検出することにより求めることができ、($q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8$)は送信信号を検出することにより求めることができる。

[0093] したがって、送信データ($b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$)は、(p_0, p_1, p_2, p_3)及び($q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8$)を用いて、図11(b)に示す式から求めることができる。

[0094] 次に、整合フィルタの一構成例について説明する。

[0095] 図12は、整合フィルタの一構成例を示している。なお、信号A〜DはZCZ系列に遅延を適用して形成される。

[0096] 図12(a)は、例えばベクトル行(1, 1, 1, 1)に対応する信号Aの整合フィルタの一構成例であり、遅延時間として 9τ の場合を示している。図12(b), (c), (d)は、それぞれ(1, -1, 1, -1), (1, 1, -1, -1), (1, -1, -1, 1)の各ベクトル行に対応する信号B, 信号C, 及び信号Dの整合フィルタの一構成例であり、同じく遅延時間として 9τ の場合を示している。

- [0097] 次に、求めたマルチパス特性を送信側にフィードバックする構成について説明する。
- [0098] マルチパス特性をフィードバックして調整する対象として、データ伝送用信号の拡散変調に用いる行列(行ベクトル)の個数、及び送信するデータ伝送用信号の信号系列中の時間間隔がある。
- [0099] はじめに、データ伝送用信号の拡散変調に用いる行列(行ベクトル)の個数の調整について、図13を用いて説明する。
- [0100] マルチパス特性は、マルチパス伝送路の伝送系においてデータ伝送用信号に影響を与える程度を表しており、このマルチパス特性が良好である場合には同伝送系において多数のデータ伝送用信号を送信することが可能であり、逆に、マルチパス特性が不良である場合には同伝送系において少数のデータ伝送用信号しか送信することができない。
- [0101] 本発明では、送信するデータ伝送用信号の信号数は、使用する行列の行ベクトルの個数に比例している。したがって、検出したマルチパス特性を送信側にフィードバックし、このマルチパス特性に応じて、伝送系が送信できるデータ伝送用信号が最大となるようにデータ伝送用信号の拡散変調に用いる行列の個数(行ベクトルの個数)を調整する。図13(a)において、マルチパス特性が良好である場合には、行列(行ベクトル)の個数を増加させてデータ伝送用信号の信号数を増加させ、一方、図13(b)において、マルチパス特性が不良である場合には、行列(行ベクトル)の個数を減らしてデータ伝送用信号の信号数を減少させ、常に伝送系のマルチパス特性に適応した最大の送信効率が得るように調整することができる。
- [0102] 次に、送信するデータ伝送用信号の信号系列中の時間間隔の調整について、図14, 15を用いて説明する。
- [0103] 図14は、ZCZ系列に遅延を適用して形成される信号系列の信号長 $L1$ 及び遅延 $L2$ と、整合フィルタの出力信号の信号波形との関係を示している。
- [0104] 信号系列 A_n を、信号長 $L1$ のZCZ系列の信号列と長さ $L2$ の遅延との繰り返しにより形成し、この信号系列 A_n を互いに時間間隔 T で拡散行列を用いて拡散変調して伝送し、拡散行列に対応する整合フィルタで復調する。これによる得られる出力信号

は、信号レベルが $n \times 2L1$ となり、信号とノイズ分との時間間隔は $L2$ となる。また、次の信号との間の時間間隔は、信号系列 An 間の時間間隔 T となる。なお、 n は拡散行列の列数に対応しており、拡散行列を用いて拡散変調することで、出力信号の信号レベルを高めることができる。例えば、8行8列の行列を用いて拡散変調した場合には、得られる出力信号の信号レベルは、送信信号の信号レベルの $8 \times 2L1$ 倍となる。

[0105] 出力信号において、マルチパス特性により隣接する信号間の間にノイズが存在する場合には、信号の識別が困難となる。マルチパス特性が良好である場合には、隣接する出力信号の時間間隔 T が狭くても出力信号の識別が可能であるが、マルチパス特性が不良である場合には、出力信号を識別するために隣接する出力信号の時間間隔 T を十分にとる必要がある。

[0106] 本発明による拡散変調では、次の信号との間の時間間隔 T は、信号系列 An 間の時間間隔 T で定まる。したがって、検出したマルチパス特性を送信側にフィードバックし、このマルチパス特性に応じて、連続する出力信号間の識別が可能な時間間隔 T が短くなるように信号系列 An 間の時間間隔 T を調整する。時間間隔 T は、送信信号を全て送り終わるまでの送信待ち時間や、受信信号を処理し終わるまでの処理時間や処理に要する装置規模に関連しているため、時間間隔 T は短いほど望ましい。

[0107] 図15(a)において、マルチパス特性が良好である場合には、信号系列 An 間の時間間隔 Ta を短くし、一方、図15(b)において、マルチパス特性が不良である場合には、信号系列 An 間の時間間隔 Tb を長くして、常に伝送系のマルチパス特性に適応して、送信待ち時間や受信信号の処理時間が最小となるように調整することができる。

[0108] なお、上記説明では、共通するベクトルとして行ベクトルの例を示しているが、列ベクトルとして同様に行うこともできる。列ベクトルの基づいて行う場合には、上記説明の行ベクトルと列ベクトルとを置き換えることにより対応することができる。

[0109] 本発明において、拡散変調に用いる行ベクトルの個数が大きいほど、送信するデータ伝送用信号の信号数を大きくすることができ、情報伝送効率、及び情報伝送精度を高めることができる。

[0110] また、拡散変調に用いる行列が有する列数が小さいほど、受信側の装置規模を小

さくし、データ処理時間を短縮することができる。

[0111] また、拡散変調に用いる行列が有する列数が小さいほど、送信側の待ち時間を短くすることができる。

[0112] また、拡散変調に用いる行列が有する列数が大きいほど、マルチパス特性測定用信号の信号強度を高めることができる。

[0113] また、拡散変調に用いる行列が小さいほど、マルチパス特性の変化に対する対応性を高めることができる。

産業上の利用可能性

[0114] セルラー無線通信や種々のモバイル環境等のマルチパスによる影響を受けやすい環境に好適である。

請求の範囲

- [1] マルチパス特性測定用信号と複数のデータ伝送用信号を送信する通信方法において、
マルチパス特性測定用信号とデータ伝送用信号は、列方向又は行方向で共通する係数列を少なくとも一つ含むと共に当該行列内で互いに直交する複数の係数行列により形成される信号列であり、
各係数行列で形成されるマルチパス特性測定用信号は、前記共通する一つの係数列により形成される同一の信号列であることを特徴とする通信方法。
- [2] 前記マルチパス特性測定用信号に対して一つの行ベクトル又は列ベクトルの係数列を用いてマルチパス特性測定用信号列を形成し、
前記複数のデータ伝送用信号に対して前記行ベクトルと直交性を有する行ベクトルの係数列、あるいは前記列ベクトルと直交性を有する列ベクトルの係数列を用いてデータ伝送用信号列を形成することにより、送信するマルチパス特性測定用信号と複数のデータ伝送用信号とを無相関とすることを特徴とする請求項1に記載の通信方法。
- [3] 前記行ベクトル又は列ベクトルは、アダマール行列又はユニタリ行列が備える行ベクトル又は列ベクトルであることを特徴とする請求項2に記載の通信方法。
- [4] 受信したマルチパス特性測定用信号に基づいて、データ伝送用信号列の形成に用いる行ベクトル又は列ベクトルの個数を設定することを特徴とする請求項2又は3に記載の通信方法。
- [5] 受信したマルチパス特性測定用信号に基づいて、マルチパス特性測定用信号列中のマルチパス特性測定用信号間の間隔、及びデータ伝送用信号列中のデータ伝送用信号間に間隔を変更することを特徴とする請求項2乃至3の何れかに記載の通信方法。
- [6] 任意のユーザは、送信データ列の形成に用いた係数列に対応する整合フィルタを任意に備え、当該整合フィルタを通して任意のデータ伝送用信号を受信することを特徴とする請求項1乃至5の何れか一つに記載の通信方法。
- [7] 共通の行ベクトル又は列ベクトルを備える複数の直交正方向行列から、当該共通の行

ベクトル又は列ベクトルと、この行ベクトル又は列ベクトルと直交する任意の個数の行ベクトル又は列ベクトルを選択して任意の長さの行列を形成し、
前記共通の行ベクトル又は列ベクトルの各係数列にマルチパス特性測定用信号を乗じてマルチパス特性測定用信号列を形成し、
前記行列中の他の行ベクトル又は列ベクトルの各係数列に複数のデータ伝送用信号のそれぞれを乗じてデータ伝送用信号列を形成し、
前記マルチパス特性測定用信号列及びデータ伝送用信号列を送信信号とすることを特徴とする送信信号形成方法。

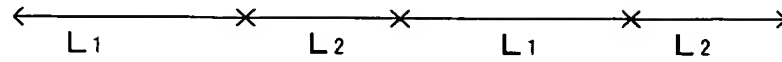
- [8] 前記直交性正方行列は、アダマール行列又はユニタリ行列であることを特徴とする請求項7に記載の送信信号形成方法。
- [9] 行ベクトル又は列ベクトルの各係数列にマルチパス特性測定用信号及びデータ伝送用信号を乗じてマルチパス特性測定用信号列及びデータ伝送用信号列を形成する際、
当該係数列を乗じた各信号間に所定長の0データを付加し、マルチパス特性測定用信号列中のマルチパス特性測定用信号間の間隔、及びデータ伝送用信号列中のデータ伝送用信号間の間隔を定めること特徴とする、請求項7又は8に記載の送信信号形成方法。
- [10] 受信したマルチパス特性測定用信号に基づいて、データ伝送用信号列の形成に用いる行ベクトル又は列ベクトルの個数を設定することを特徴とする請求項7乃至9のいずれかに記載の通信方法。
- [11] 受信したマルチパス特性測定用信号に基づいて、マルチパス特性測定用信号列中のマルチパス特性測定用信号間の間隔、及びデータ伝送用信号列中のデータ伝送用信号間に間隔を変更することを特徴とする請求項9に記載の送信信号形成方法。
- [12] 前記請求項6乃至11の何れか一つに記載の送信信号形成方法により形成されたことを特徴とする、送信信号のデータ構造。

[図1]

マルチパス推定のための信号系列

$$A_n = a_0 \ a_1 \ a_2 \ \cdots \ a_{n-1} \quad (\text{ZCZ系列})$$

$$= \quad + \ + \ + \ - \ \cdots \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ + \ - \ + \ + \ \cdots \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \cdots$$



送信データ

$$B_n = b_0 \ b_1 \ b_2 \ \cdots \ b_{n-1}$$

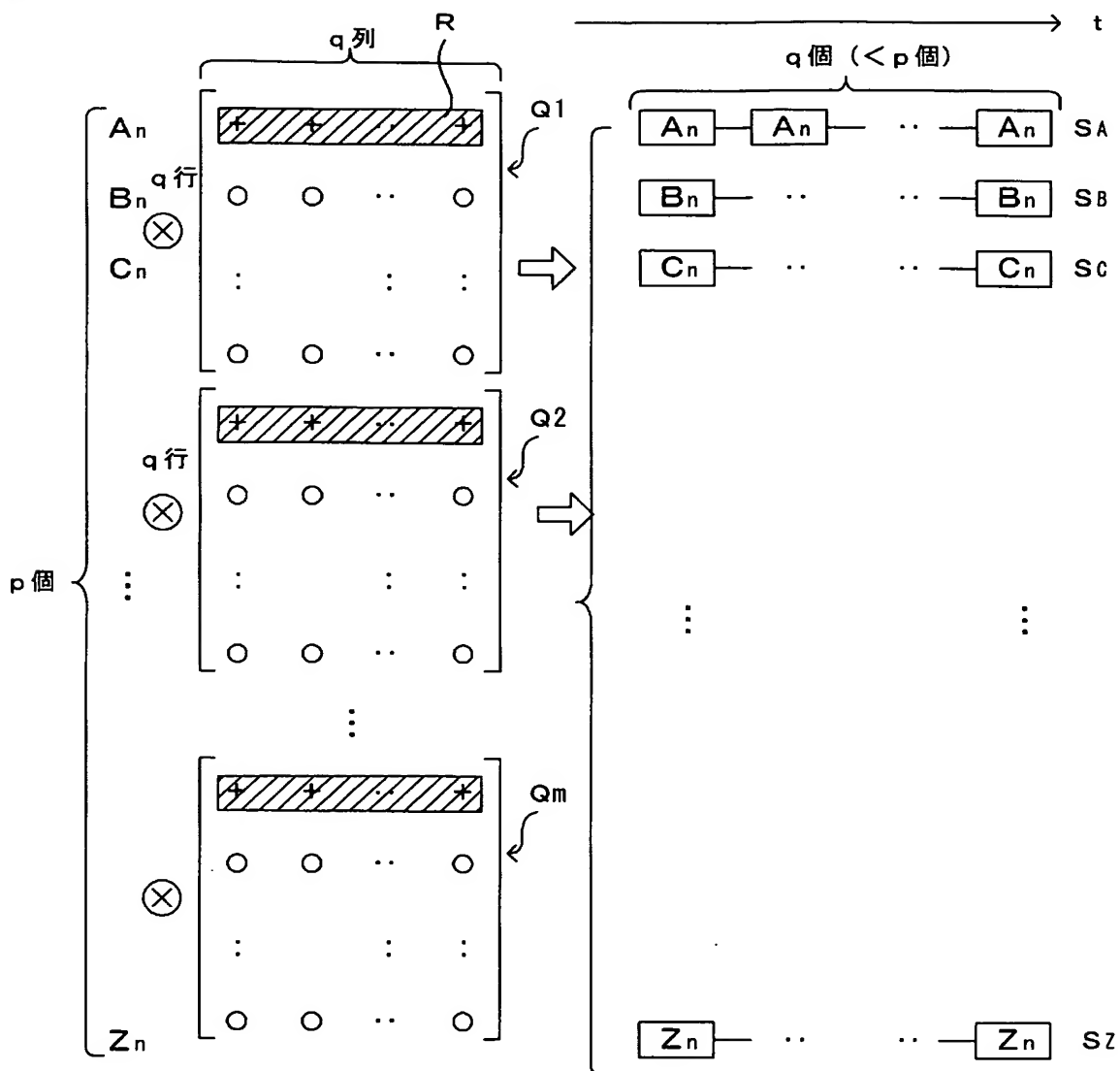
$$C_n = c_0 \ c_1 \ c_2 \ \cdots \ c_{n-1}$$

$$D_n = d_0 \ d_1 \ d_2 \ \cdots \ d_{n-1}$$

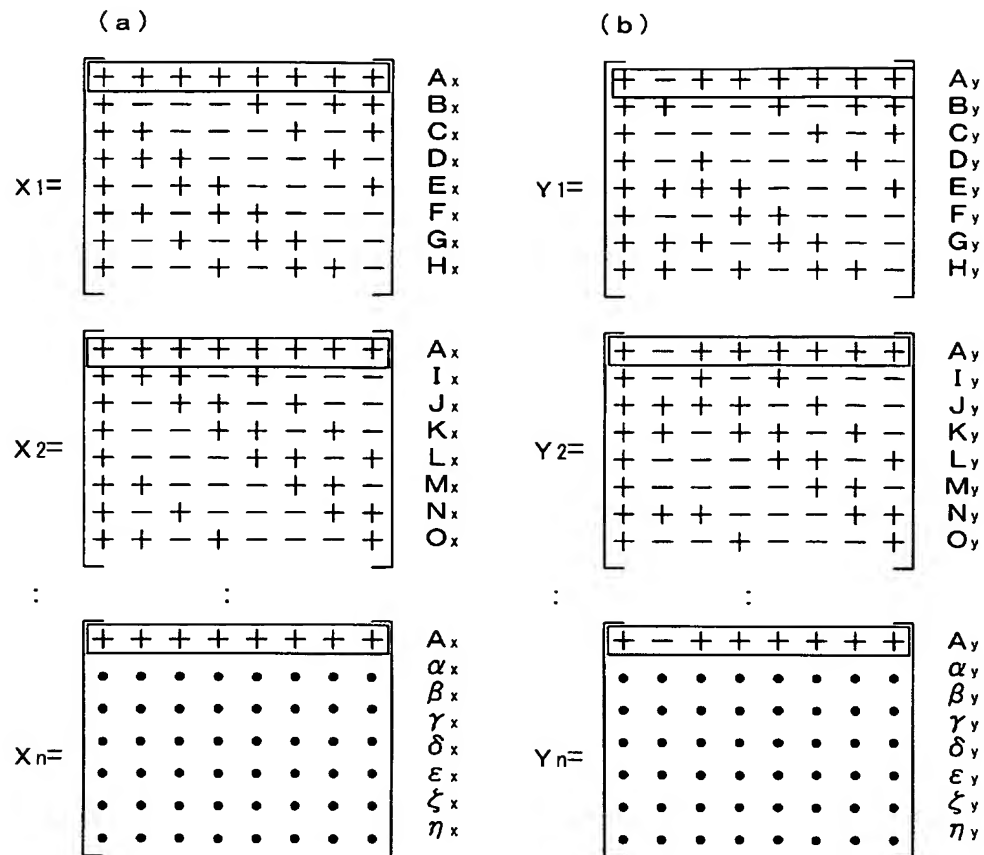
$$E_n = e_0 \ e_1 \ e_2 \ \cdots \ e_{n-1}$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

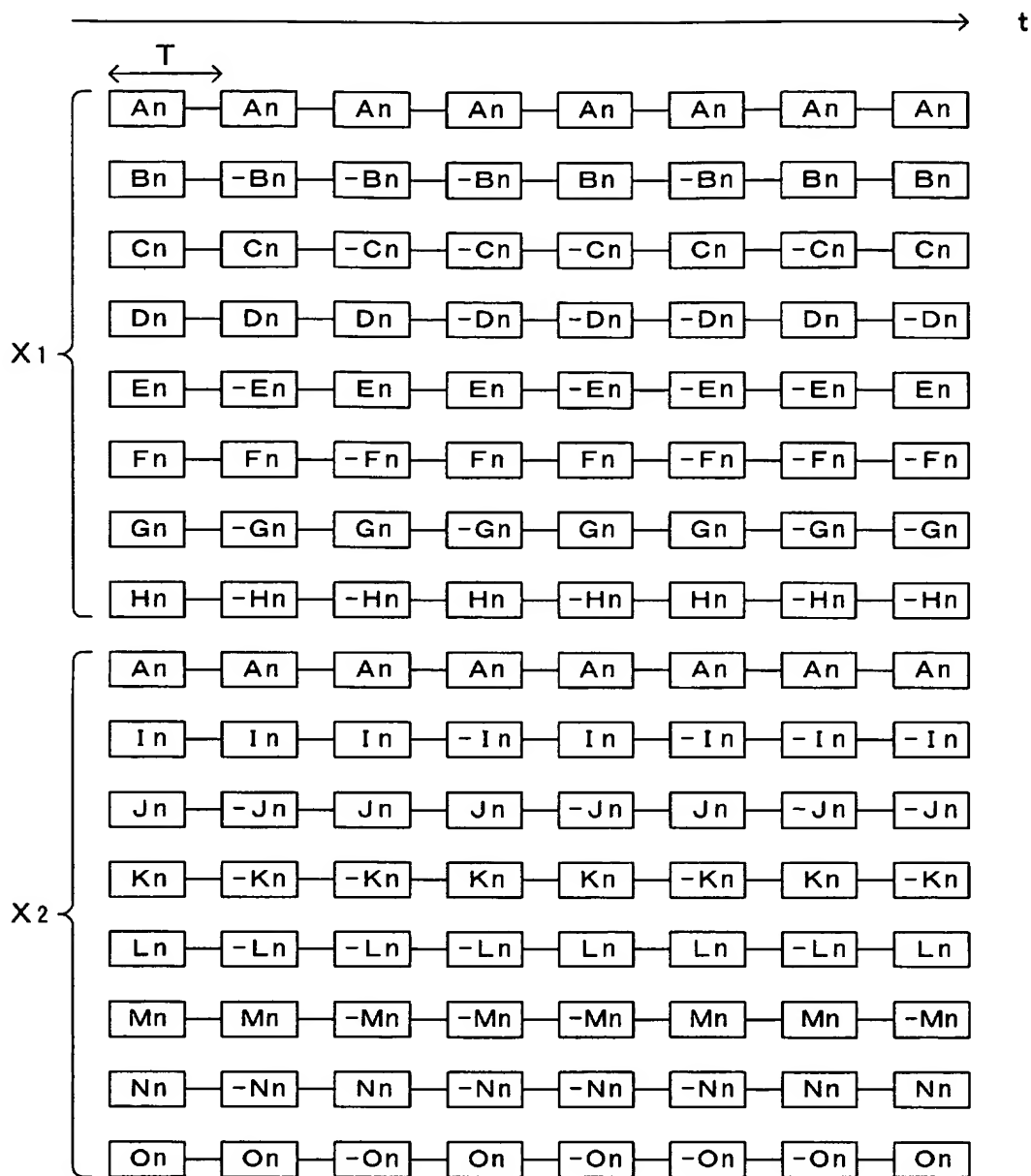
[図2]



[図3]



[図4]



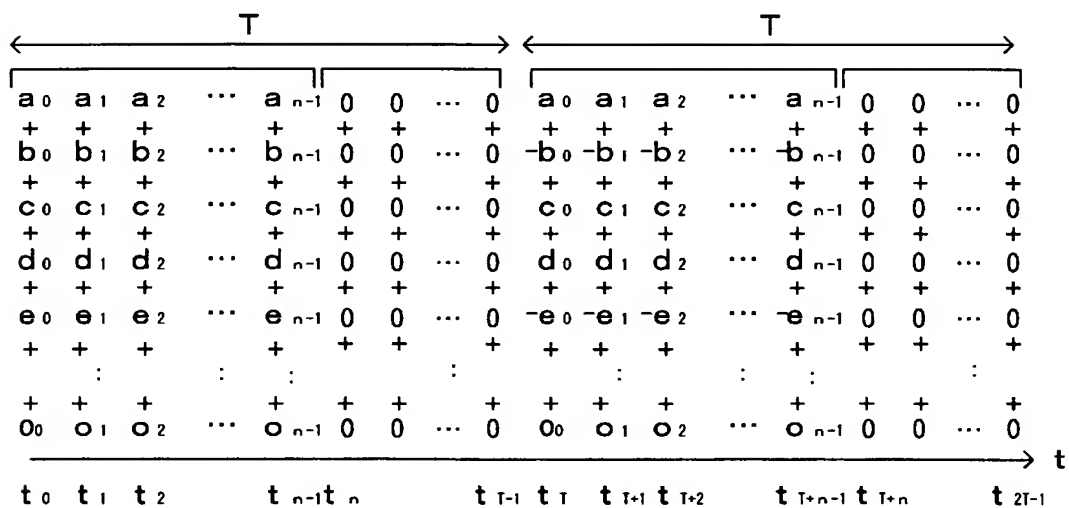
[図5]

マルチパス推定の
ための信号系列

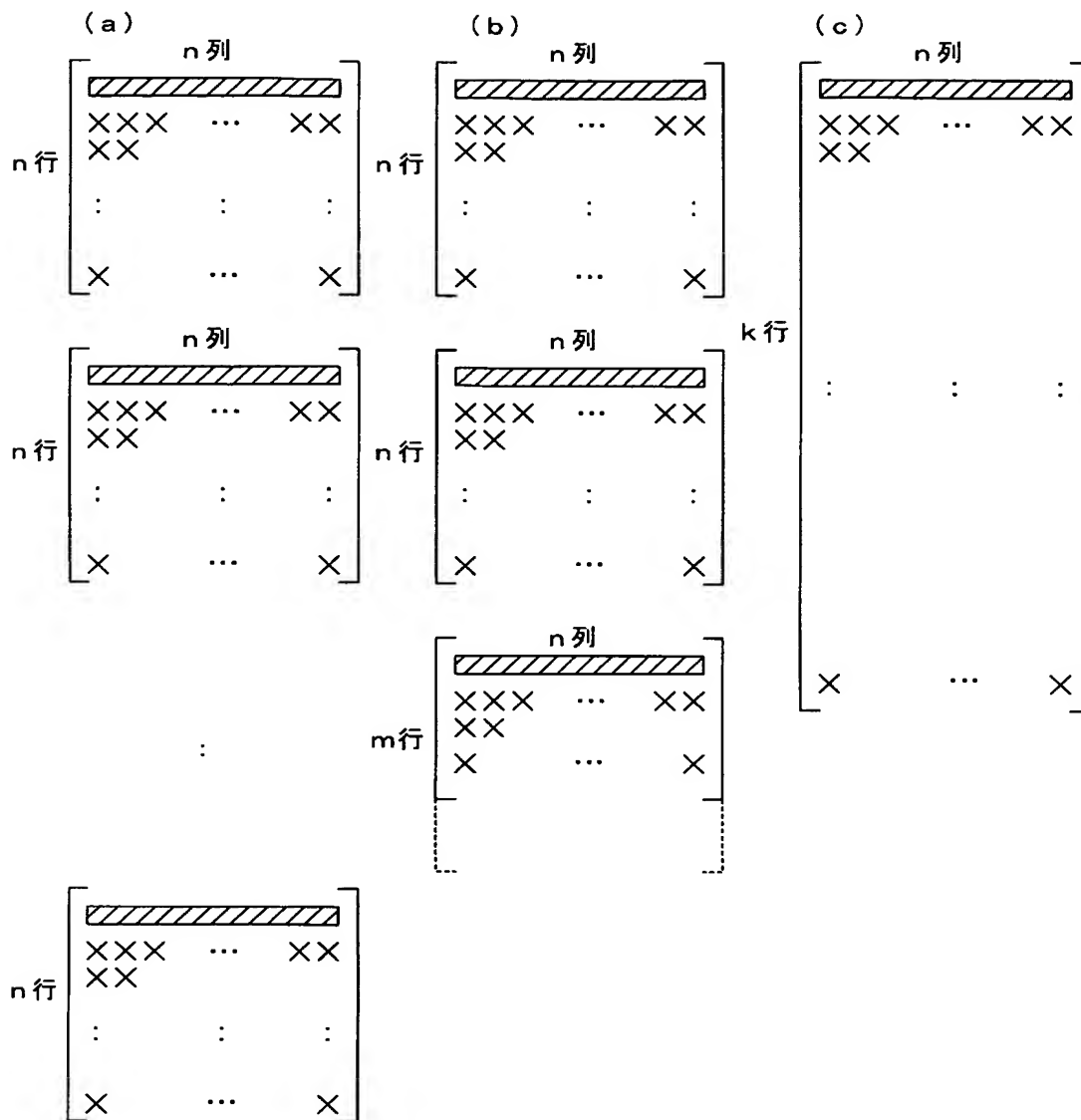
$$\begin{aligned}
 A_n &= a_0 \ a_1 \ a_2 \ \cdots \ a_{n-1} \\
 B_n &= b_0 \ b_1 \ b_2 \ \cdots \ b_{n-1} \\
 C_n &= c_0 \ c_1 \ c_2 \ \cdots \ c_{n-1} \\
 D_n &= d_0 \ d_1 \ d_2 \ \cdots \ d_{n-1} \\
 E_n &= e_0 \ e_1 \ e_2 \ \cdots \ e_{n-1} \\
 &\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\
 O_n &= o_0 \ o_1 \ o_2 \ \cdots \ o_{n-1}
 \end{aligned}$$

送信データ

$\uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \quad \uparrow$
 $t_0 \ t_1 \ t_2 \quad \quad t_{n-1}$

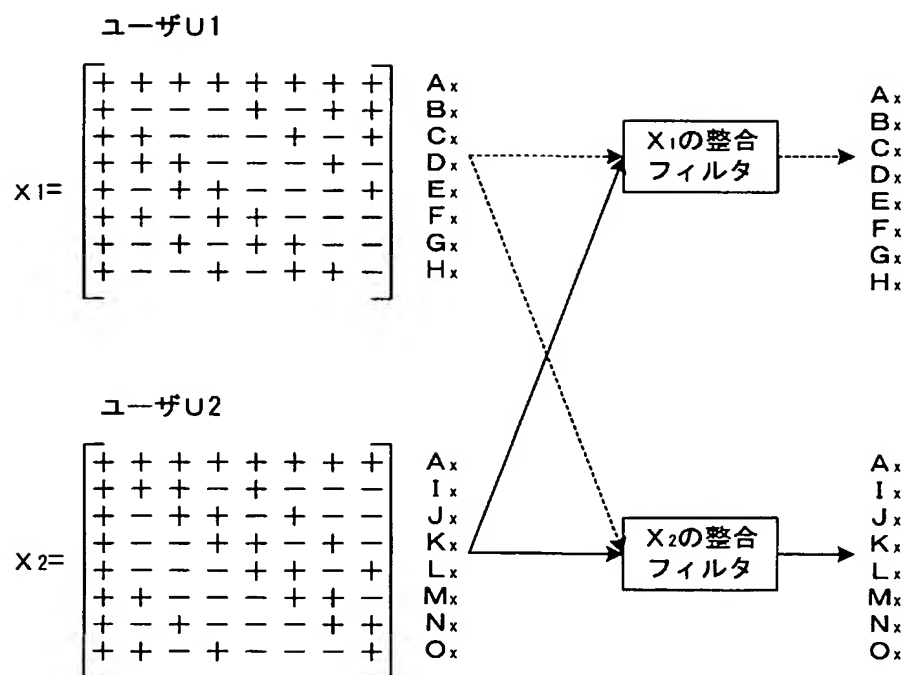


[図6]

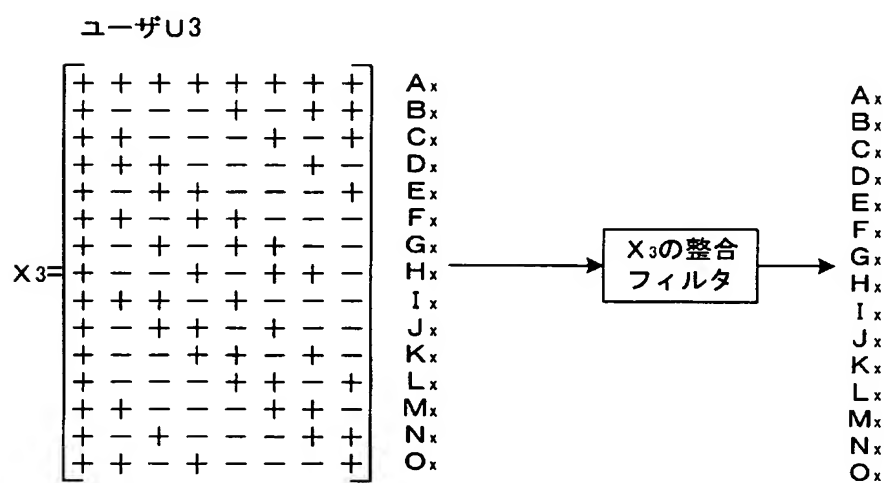


[図7]

(a)

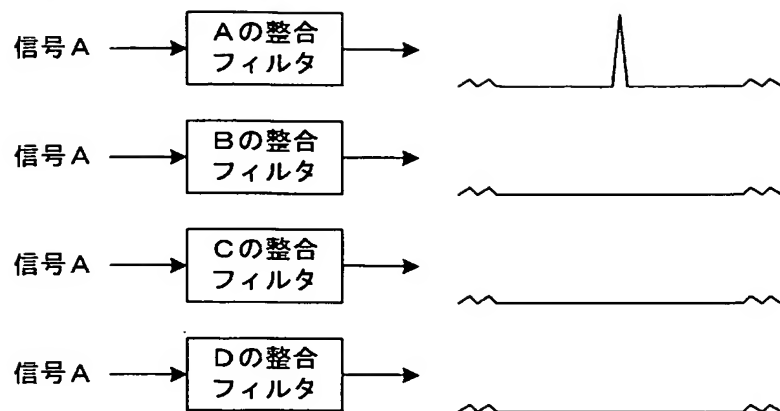


(b)

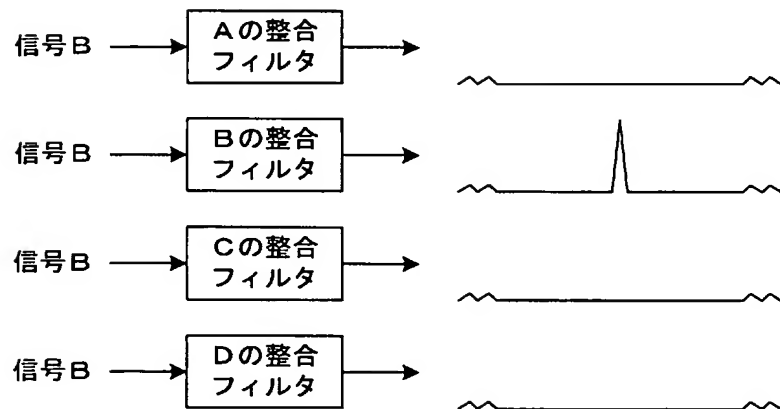


[図8]

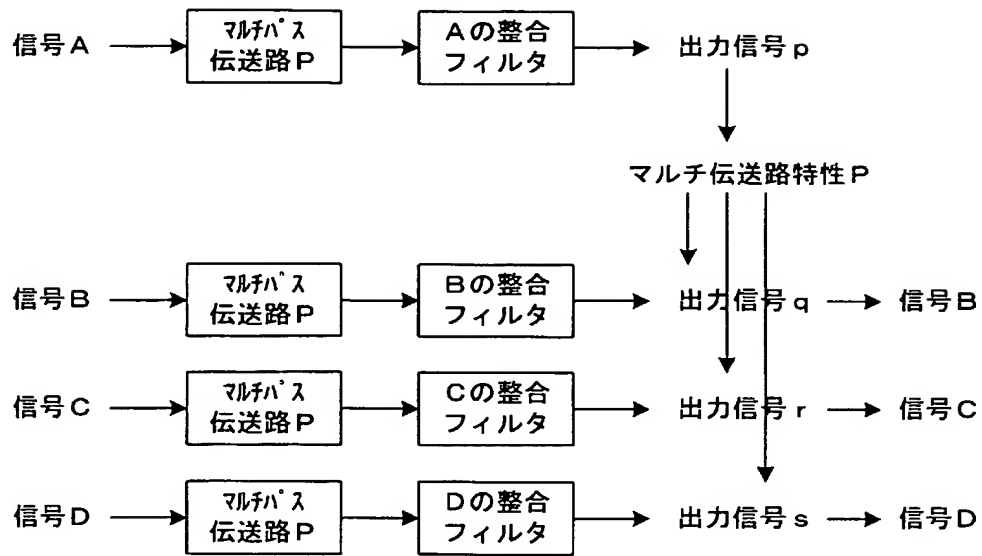
(a)



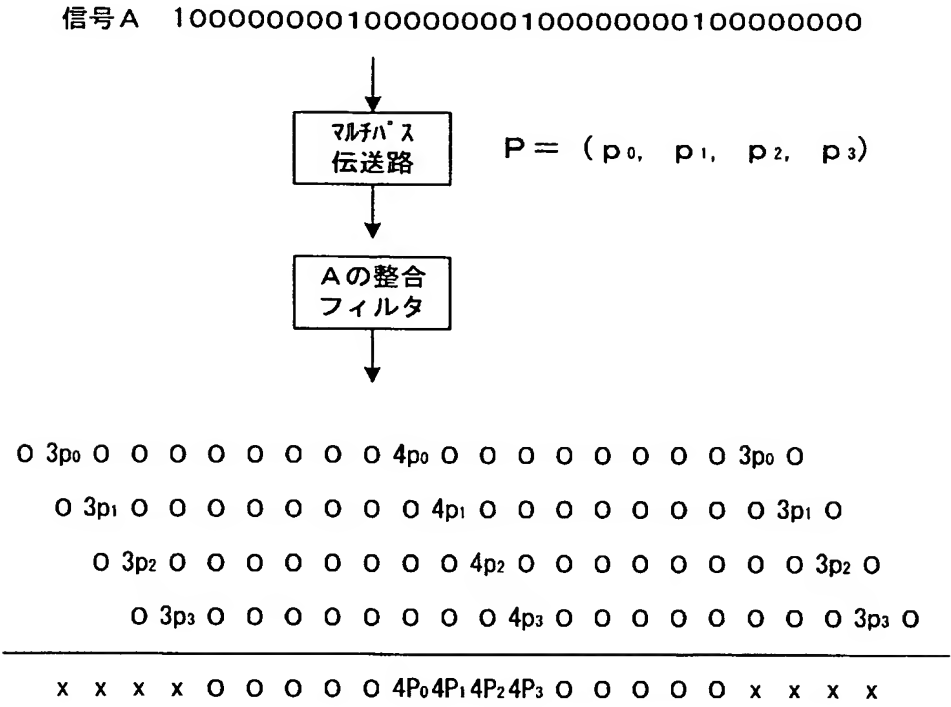
(b)



[図9]

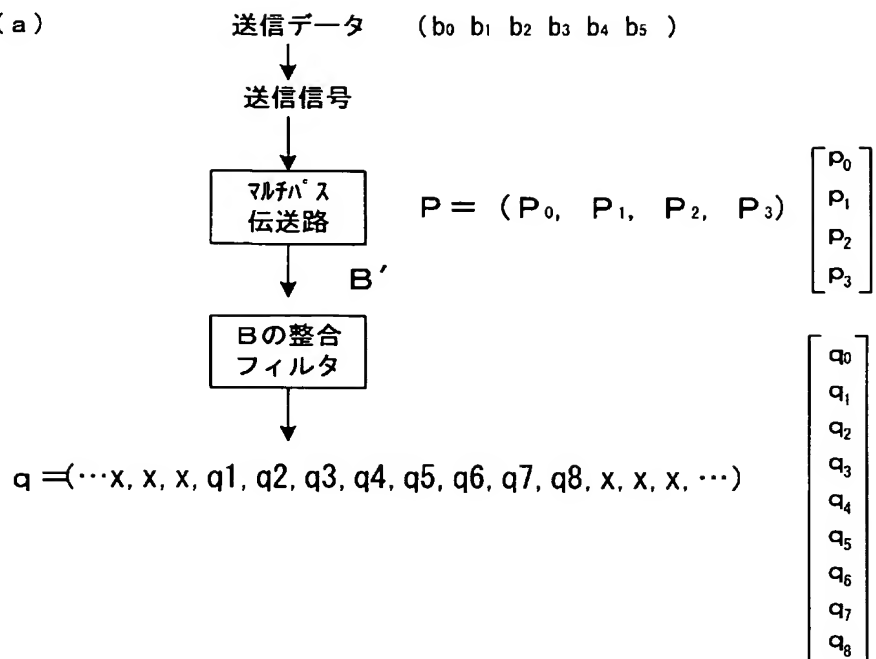


[図10]



[図11]

(a)

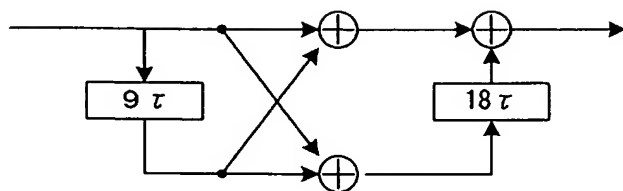


(b)

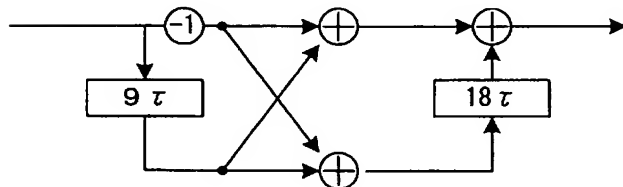
$$\begin{bmatrix} b_0 & 0 & 0 & 0 \\ b_1 & b_0 & 0 & 0 \\ b_2 & b_1 & b_0 & 0 \\ b_3 & b_2 & b_1 & b_0 \\ b_4 & b_3 & b_2 & b_1 \\ b_5 & b_4 & b_3 & b_2 \\ 0 & b_5 & b_4 & b_3 \\ 0 & 0 & b_5 & b_4 \\ 0 & 0 & 0 & b_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_0 \\ p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_0 \\ q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \\ q_5 \\ q_6 \\ q_7 \\ q_8 \end{bmatrix}$$

[図12]

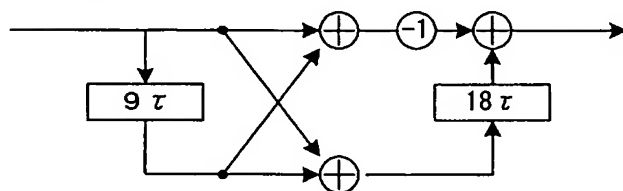
(a) Aの整合フィルタ



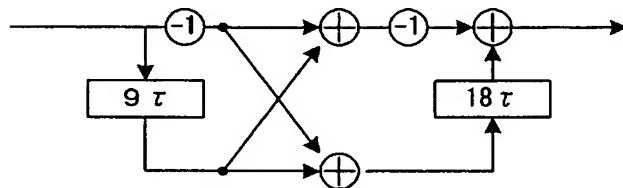
(b) Bの整合フィルタ



(c) Cの整合フィルタ



(d) Dの整合フィルタ

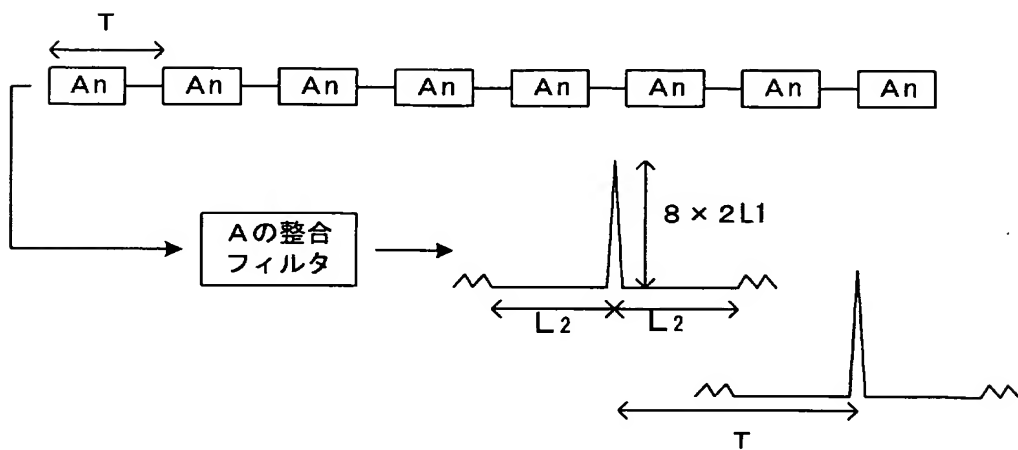
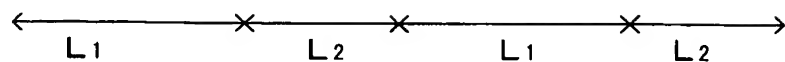


[図14]

マルチパス推定のための信号系列

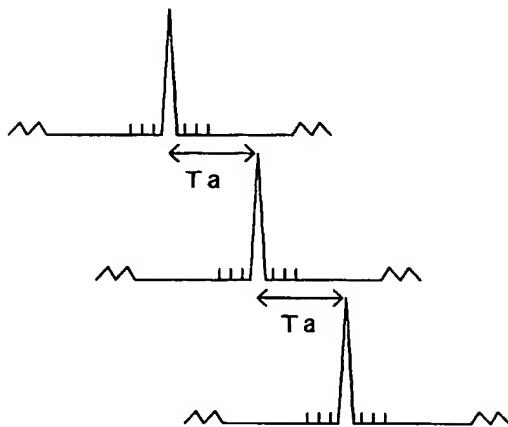
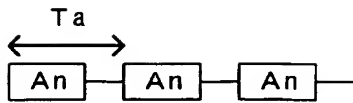
$$A_n = a_0 \ a_1 \ a_2 \ \dots \ a_{n-1}$$

$$= \quad + \ + \ + \ - \ \dots \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ + \ - \ + \ + \ \dots \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \dots$$

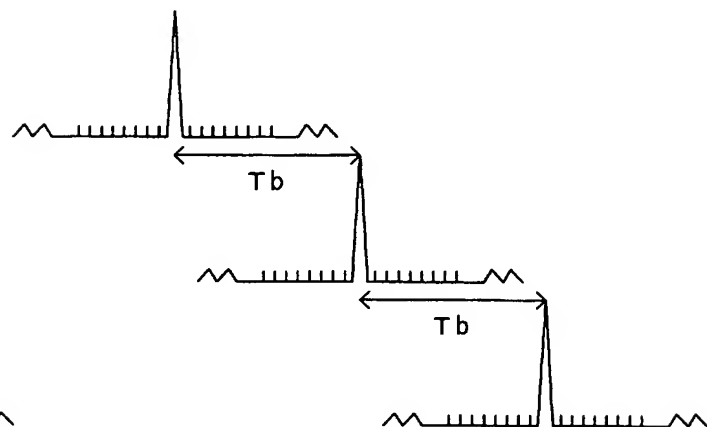
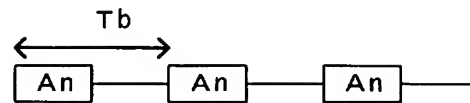


[図15]

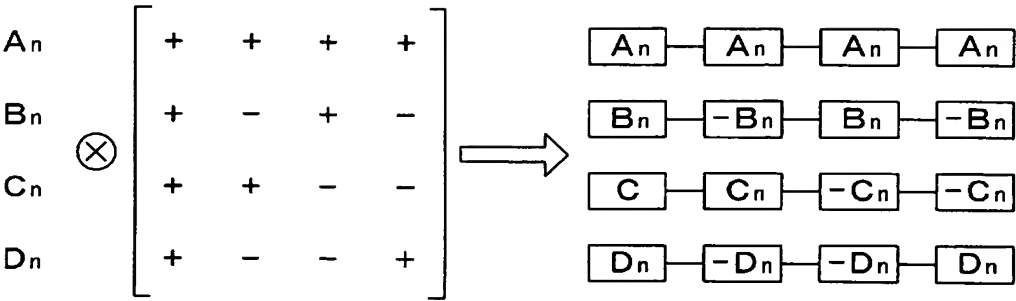
(a)

マルチパス特性
良

(b)

マルチパス特性
不良

[図16]



[図17]

